

EFISIENSI GAS ENGINE PADA BERBAGAI PUTARAN: STUDI EKSPERIMEN PADA JES GAS ENGINE J208GS

Bambang Setyoko

Program Studi Diploma Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof H. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang

e-mail : bsetyoko@ymail.com

Abstrak

Saat ini kepedulian akan perlindungan dan kelestarian lingkungan hidup menyebabkan perubahan yang penting terhadap perancangan dan pengoperasian mesin pembakaran dalam. Cadangan bahan bakar minyak makin lama makin menipis sehingga perlu penggunaan bahan bakar gas sebagai energi alternatif untuk motor bakar. Efisiensi adalah indikator yang sangat penting pada motor bakar sehingga perlu diketahui berapa efisiensi thermal bahan bakar gas jika digunakan pada motor bakar.

Untuk mengetahui efisiensi penggunaan bahan bakar gas maka dilakukan studi eksperimen dengan menggunakan JES Gas Engine J208GS yang merupakan mesin pembakaran dalam 4 langkah, spark-ignited, learn-burn gas engine, turbocharged and intercooled. Bahan bakar gas yang digunakan adalah LPG dengan LHV = 46.000 kJ/kg dan densitas 2,22 kg/m³. LPG dan udara dicampur di dalam gas mixer kemudian dimasukkan ke dalam gas engine dengan bantuan turbocharger. Sebelum masuk gas engine, campuran LPG dan udara dilewatkan intercooler. Variasi putaran 1100, 1300, 1500 dan 1700 RPM dilakukan dengan mengatur posisi throttle. Besarnya daya yang dihasilkan dapat diketahui dengan menghubungkan gas engine dengan dynamometer B&S 600. Buka throttle dilakukan sedemikian rupa sehingga didapat besarnya BMEP = 1,2,3,4,5,6,7 dan 8 bar pada beberapa variasi putaran. Data-data yang diperlukan dapat dicatat dengan melihat print-out hasil percobaan.

Dari hasil eksperimen pada JES Gas Engine J208GS didapat bahwa pada beban BMEP = 7 bar, berturut-turut untuk putaran 1300, 1500, 1700 RPM, Indicated efficiency $\eta_i = 0,38, 0,38, 0,36$, Effective efficiency $\eta_e = 0,36, 0,35, 0,32$, Mechanic efficiency $\eta_m = 0,94, 0,92, 0,89$ dan BSFC adalah 215,4, 225,5, 246,0 g/kWh. Sedang untuk putaran $N = 1100$ RPM mesin mengalami knocking pada beban BMEP = 6 bar. Kesimpulan hasil eksperimen adalah pada BMEP = 7 bar, Gas Engine JES J208GS mempunyai efisiensi tertinggi pada putaran $N = 1300$ RPM dengan $\eta_i = 0,38, \eta_e = 0,36, \eta_m = 0,94$ dan BSFC = 215,4 g/kWh.

Kata kunci : Gas Engine, efficiency, BSFC, JES J208GS.

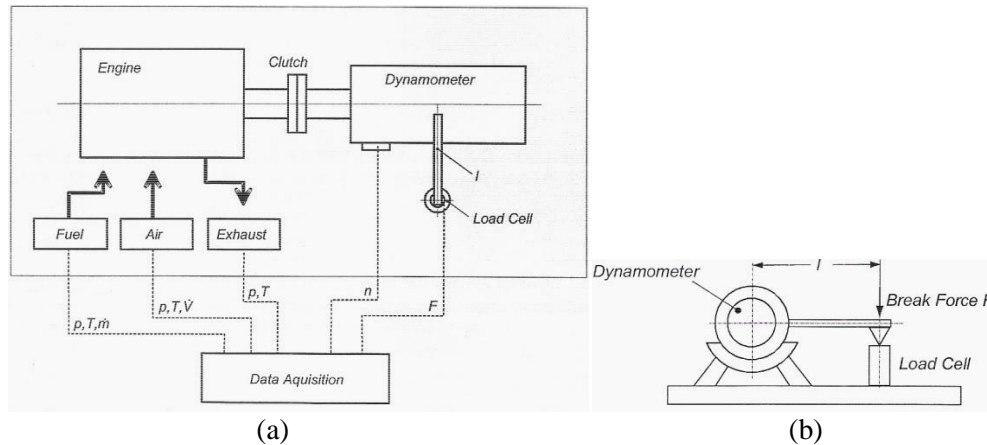
PENDAHULUAN

Saat ini perhatian terhadap perlindungan lingkungan menyebabkan perubahan yang penting atas perancangan dan pengoperasian mesin pembakaran dalam. Penelitian terhadap bahan bakar alternatif seperti bio-diesel atau hydrogen mendapat perhatian yang lebih. Gas alam adalah salah satu bahan bakar bagi mesin piston dan turbin gas yang menghasilkan emisi yang rendah (Klell, 1998). Cadangan bahan bakar minyak makin lama makin menipis sehingga perlu penggunaan bahan bakar gas sebagai energi alternatif untuk motor bakar. Efisiensi adalah indikator performa yang sangat penting pada motor bakar sehingga perlu diketahui berapa efisiensi bahan bakar gas pada motor bakar.

METODOLOGI

Salah satu parameter yang sangat menentukan dari mesin pembakaran dalam adalah rasio kompresi r_c . Semakin tinggi rasio kompresi berarti semakin tinggi efisiensi (Klell, 1998). Pada mesin bensin, rasio kompresi dibatasi sampai harga *knocking* dari bahan bakar, kira-kira 7-10. Untuk mesin diesel rasio kompresi lebih tinggi sekitar 12-22. Rasio kompresi didefinisikan sebagai volume silinder maksimum dibagi dengan volume silinder minimum. Karakteristik mesin yang lain adalah kecepatan, torsi (*break torque*), konsumsi bahan bakar, temperature dan tekanan.

Fasilitas pengujian yang baik mempengaruhi kecepatan perolehan data pada pengukuran dengan variasi tekanan silinder selama siklus kerja. Untuk pengujian, mesin dipasang pada dudukan dan poros mesin dihubungkan dengan rotor dynamometer. Rotor dynamometer dihubungkan secara elektromagnetik dengan stator dan diseimbangkan dengan *load cell* sebagai indikator gaya F yang terjadi.

Gambar 1. (a). *Test bed* pengujian karakteristik *engine*. (b). *Dinamometer*.

Torsi efektif yang terjadi pada pengujian (Klell, 1998) :

$$T_e = F.l \quad \dots\dots\dots (1)$$

Daya efektif yang terjadi (Klell, 1998) :

$$P_e = T_e \cdot \omega = T_e \cdot 2\pi.n \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana ω = kecepatan sudut.
 n = kecepatan putar.

Kerja efektif yang terjadi untuk mesin 4 langkah (Klell, 1998) :

$$W_e = \frac{P_e}{n} \quad \dots\dots\dots (3)$$

Walaupun torsi efektif dan kerja indikatif merupakan factor yang penting dari kemampuan sebuah mesin untuk bekerja, semua itu tergantung pada ukuran mesin. Pada pemakaian relatif lebih luas, ukuran kemampuan mesin didapat dari kerja dibagi volume silinder. Parameter ini disebut *Mean Effective Pressure* (MEP) (Klell, 1998) :

$$MEP = p_m = W / v_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

Break Mean Effective Pressure (BMEP) (Klell, 1998) :

$$BMEP = W_e / v_s \quad \dots\dots\dots (5)$$

Indicated Mean Effective Pressure (IMEP) (Klell, 1998) :

$$IMEP = W_i / v_s \quad \dots\dots\dots (6)$$

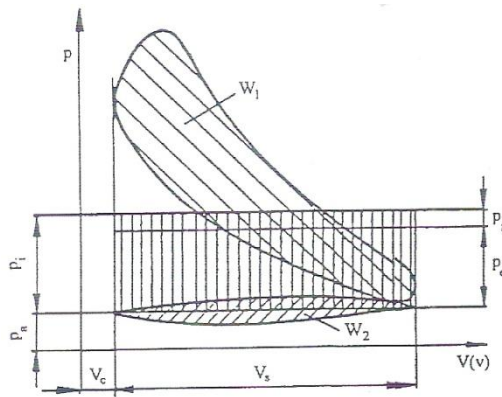
Friction Mean Effective Pressure (FMEP) (Klell, 1998) :

$$FMEP = IMEP - BMEP \quad \dots\dots\dots (7)$$

Sedangkan efisiensi efektif adalah rasio antara kerja efektif yang terjadi dengan energi bahan bakar yang diberikan (Klell, 1998).

$$\eta_e = \frac{W_e}{m_{fuel} \cdot H_n} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dimana m_{fuel} = massa bahan bakar per siklus (kg).
 H_n = harga kalor netto bahan bakar (J/kg)



Gambar 2. Mean Effective Pressure.

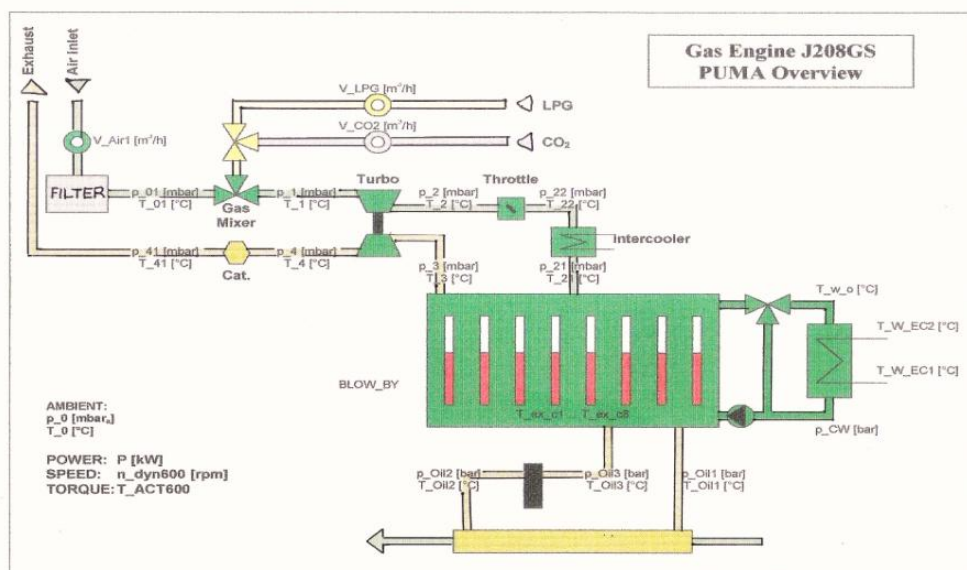
Break Specific Fuel Consumption (BSFC) adalah laju aliran bahan bakar yang digunakan per unit kerja output yang diukur pada *test bed* (Klell, 1998) :

$$\text{BSFC} = \frac{m_{\text{fuel}}}{W_e} = \frac{1}{\eta_e \cdot H_n} \quad \dots\dots\dots (9)$$

Mechanical efficiency adalah (Klell, 1998) :

$$\eta_m = 1 - \frac{\text{FMEP}}{\text{BMEP}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

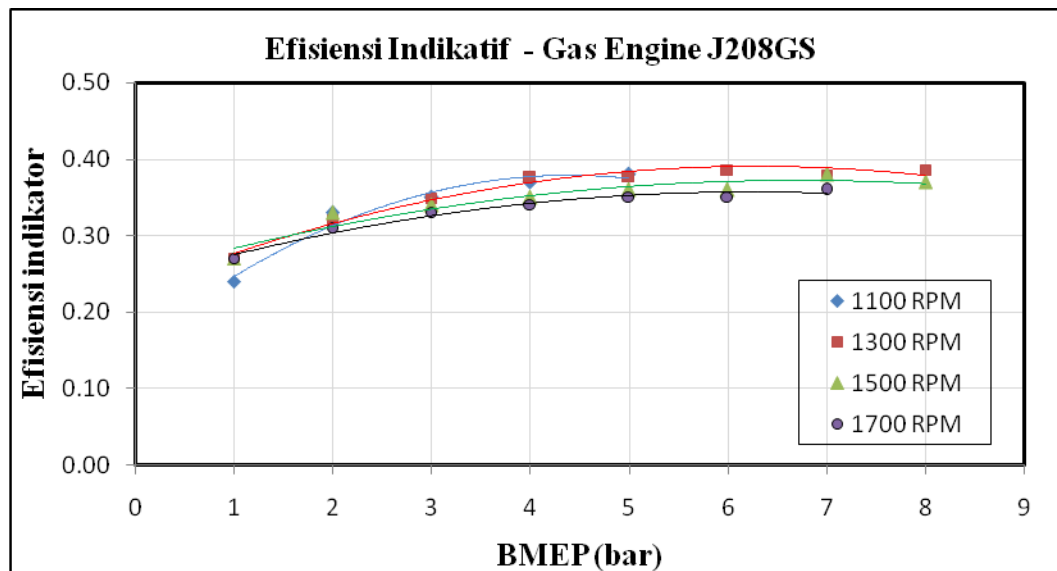
Untuk mengetahui efisiensi penggunaan bahan bakar gas maka dilakukan studi eksperimen dengan menggunakan JES Gas engine J208GS yang merupakan mesin pembakaran dalam 4 langkah, *spark-ignited, learn-burn gas engine, turbocharged and intercooled*. Bahan bakar gas yang digunakan adalah LPG dengan LHV = 46.000 kJ/kg dan densitas 2,22 kg/m³ (Quirchmayr, 1998). LPG dan udara dicampur di dalam *gas mixer* kemudian dimasukkan ke dalam *gas engine* dengan bantuan *turbocharger*. Sebelum masuk *gas engine*, campuran LPG dan udara dilewatkan *intercooler*. Variasi putaran 1100, 1300, 1500 dan 1700 RPM dilakukan dengan mengatur posisi *throttle*. Besarnya daya yang dihasilkan dapat diketahui dengan menghubungkan *gas engine* dengan dynamometer B&S 600. Buka *throttle* dilakukan sedemikian rupa sehingga didapat besarnya BMEP = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 bar pada beberapa variasi putaran. Data-data yang diperlukan dapat dicatat dengan melihat *print-out* hasil percobaan.



Gambar 3. Skema pengujian efisiensi pada Gas Engine J208GS.

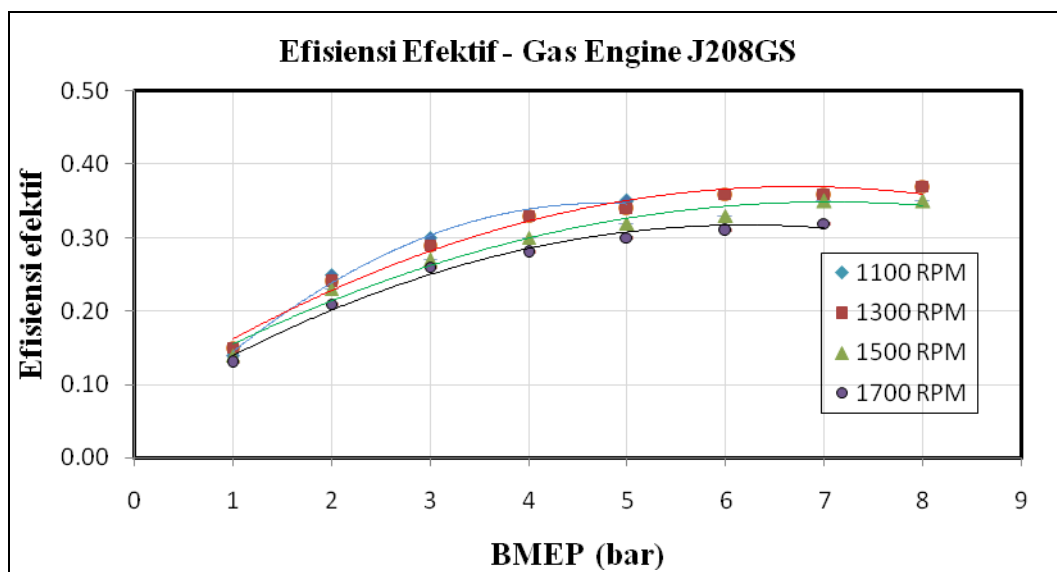
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan pada putaran 1100, 1300, 1500 dan 1700 RPM dengan pengaturan beban *dynamometer* sehingga didapat $BMEP = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ dan 8 bar. Dari hasil eksperimen pada *JES Gas Engine J208GS* didapat bahwa pada beban $BMEP = 7$ bar, berturut-turut untuk putaran 1300, 1500, 1700 RPM, *Indicated efficiency* $\eta_i = 0,38, 0,38, 0,36$, *Effective efficiency* $\eta_e = 0,36, 0,35, 0,32$, *Mechanic efficiency* $\eta_m = 0,94, 0,92, 0,89$ dan *BSFC* adalah $215,4, 225,5, 246,0$ g/kWh. Sedang untuk putaran $N = 1100$ RPM mesin mengalami *knocking* pada beban $BMEP = 6$ bar.



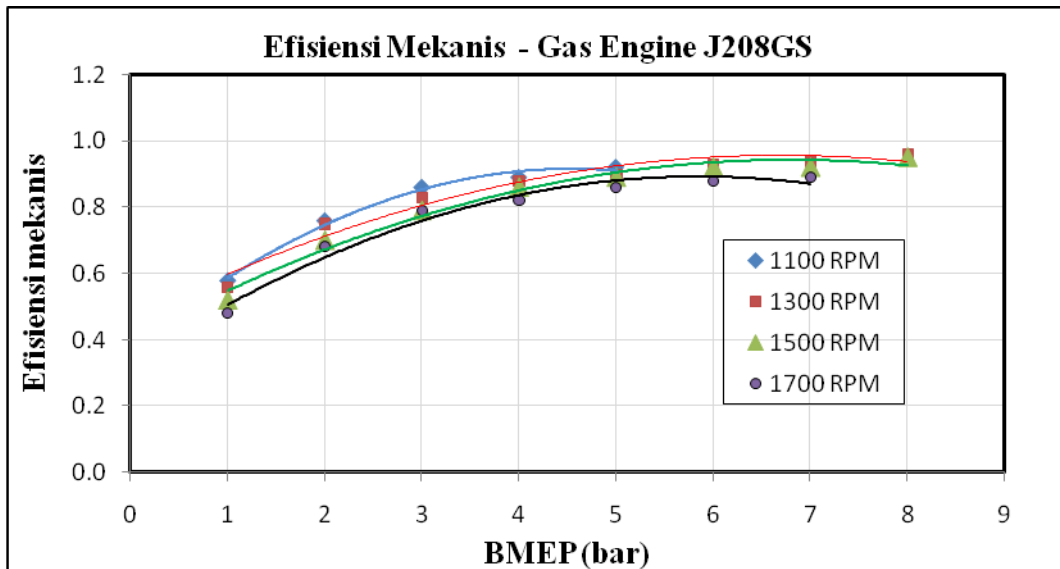
Gambar 4. Grafik efisiensi indikatif *Gas Engine J208GS*.

Pada pengambilan data dengan putaran 1100 RPM mesin mengalami fenomena *knocking* pada $BMEP = 6$ bar yang berkenaan dengan beban $P = 76,1$ kW. Harga efisiensi pada saat *knocking* tersebut adalah efisiensi indikatif $\eta_i = 0,38$, efisiensi efektif $\eta_e = 0,35$ dan efisiensi mekanis $\eta_m = 0,92$, sedang harga *BSFC* = $224,9$ g/kWh.



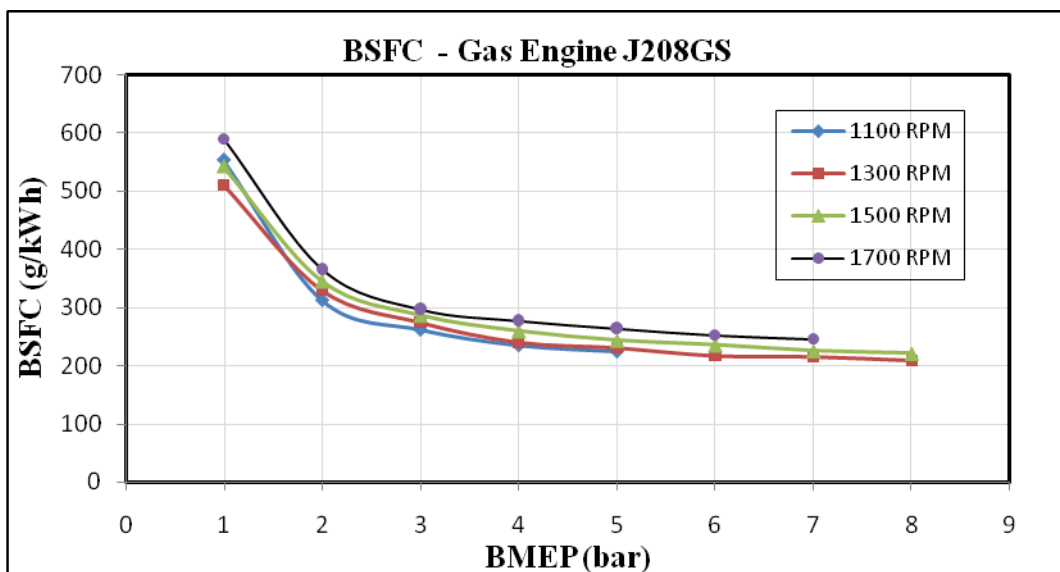
Gambar 5. Grafik efisiensi efektif *Gas Engine J208GS*.

Knocking adalah terjadinya bunyi karena getaran pada dinding silinder dan *cylinder head* sebagai akibat dari kenaikan tekanan gas pembakaran yang sangat tajam. *Knocking* terjadi karena *detonasi* di dalam silinder. *Detonasi* pada *spark-ignition engine* terjadi karena nyala api pembakaran di dalam silinder merambat dengan kecepatan terlalu tinggi sehingga tekanan di dalam ruang bakar naik sangat tinggi dan berfluktuasi secara tajam (Soenarta, 1995)



Gambar 6. Grafik efisiensi mekanis *Gas Engine* J208GS.

Pada putaran mesin 1500 RPM dan 1700 RPM, efisiensi *Gas Engine* mengalami penurunan. Hal ini bisa dilihat pada grafik Gambar 4 sampai Gambar 7 dimana garis efisiensi untuk putaran mesin 1500 RPM dan 1700 RPM berada di bawah garis efisiensi 1300 RPM. Dari grafik Gambar 4 sampai Gambar 7 didapat bahwa kenaikan putaran *Gas Engine* mengakibatkan kenaikan konsumsi bahan bakar. Kenaikan bahan bakar ini tidak berbanding lurus dengan kenaikan kerja yang dihasilkan mesin sehingga efisiensi mesin mengalami penurunan.



Gambar 7. Grafik BSFC pada *Gas Engine* J208GS.

Dari Gambar 4, 5, 6, dan 7 harga efisiensi tertinggi *Gas Engine* dengan BMEP = 7 bar adalah pada putaran mesin $N = 1300$ RPM dimana efisiensi indikatif $\eta_i = 0,38$, efisiensi efektif η_e

= 0,36 dan efisiensi mekanis $\eta_m = 0,94$, sedang harga $BSFC = 215,4$ g/kWh. Harga efisiensi ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan efisiensi motor bensin yang harganya sekitar $\eta_e = 0,25 - 0,29$ dengan $BSFC = 300 - 325$ g/kWh dan motor high-speed diesel $\eta_e = 0,35 - 0,40$ dengan $BSFC = 217 - 238$ g/kWh (Arkhangelsky, 1979).

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian pada *Gas Engine* J208GS maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi tertinggi *Gas Engine* J208GS terjadi pada putaran 1300 RPM dimana efisiensi indikatif $\eta_i = 0,38$, efisiensi efektif $\eta_e = 0,36$ dan efisiensi mekanis $\eta_m = 0,94$, sedang harga $BSFC = 215,4$ g/kWh.
2. Kenaikan putaran mengakibatkan kenaikan konsumsi bahan bakar pada *Gas Engine* JES j208GS tetapi tidak berbanding lurus dengan kenaikan kerja yang dihasilkan mesin sehingga efisiensi mengalami penurunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. *Jenbacher Energie Systeme* yang telah melakukan *Technical Assistance Program* di ITB.
2. Institut Teknologi Bandung sebagai tempat melakukan eksperimen.
3. Universitas Diponegoro yang telah memberikan tugas kepada penulis untuk melakukan TA Training di ITB.

DAFTAR PUSTAKA

- Arkhangelsky, V., Khovakh, M., Stepanov, Y., Trusov, V., Vikhert, M., Voinov, A., 1979, *MOTOR VEHICLE ENGINE*, Edited by M. Khovakh, Mir Publishers, Moscow.
- Klell, M., 1998, *Expert Lectures on INTERNAL COMBUSTION ENGINE*, Technical Assistance Program Indonesia, Jenbacher Energi Systems, *Gas engine* Project, Graz, Austria.
- Soenarta, N., Furuham, S., 1995, *MOTOR SERBA GUNA*, Cetakan kedua (edisi revisi), PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Quirchmayr, G., 1998, *MEASUREMENT DATA of JES Gas Engine J208GS at ITS Surabaya*, Technical Assistance Program, Expert Lectures III, ITS, Surabaya, Indonesia.